

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 7月 8日

出願番号

Application Number:

特願2002-198645

[ST.10/C]:

[JP2002-198645]

出願人

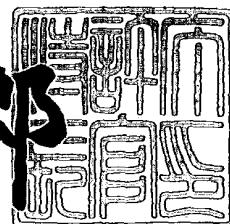
Applicant(s):

ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー

2002年 8月 27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3066570

【書類名】 特許願

【整理番号】 16INC0159

【提出日】 平成14年 7月 8日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 15/62

【発明の名称】 画像処理方法および装置

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 インド国、カルナタカ ステйт、560016、バンガロール、ジーバン ブヒマ ナガル、リック コロニー、ピー 105 セクター 10 第7メイン

【氏名】 プラティーク アロラ

【発明者】

【住所又は居所】 インド国、カルナタカ ステйт、560017、バンガロール、エアポート ロード、エーワン ゴールデン エンクレーブ、ウイプロ ジーイー メディカル システムズ内

【氏名】 ピナキ ゴーシュ

【発明者】

【住所又は居所】 インド国、カルナタカ ステйт、560017、バンガロール、エアポート ロード、エーワン ゴールデン エンクレーブ、ウイプロ ジーイー メディカル システムズ内

【氏名】 アミット サクセナ

【特許出願人】

【識別番号】 300019238

【氏名又は名称】 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー

【代理人】

【識別番号】 100085187

【弁理士】

【氏名又は名称】 井島 藤治

【選任した代理人】

【識別番号】 100090424

【弁理士】

【氏名又は名称】 鮫島 信重

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009542

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0005611

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像処理方法および装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 グラニュロメトリを利用して複数の画像の中から参照画像に類似する複数の候補画像を抽出し、

前記複数の候補画像を前記参照画像に合わせてそれぞれトランスフォーメーションし、

前記トランスフォーメーション済みの各候補画像について前記参照画像とのミューチャルインフォメーションをそれぞれ計算し、

前記複数の候補画像のうち前記ミューチャルインフォメーションが最大となるものを選択する、

ことを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 前記トランスフォーメーションは倍率合わせを含む、
ことを特徴とする請求項1に記載の画像処理方法。

【請求項3】 前記トランスフォーメーションは重心合わせを含む、
ことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の画像処理方法。

【請求項4】 前記参照画像および前記候補画像はいずれも医用画像である
ことを特徴とする請求項1ないし請求項3のうちのいずれか1つに記載の画像処理方法。

【請求項5】 グラニュロメトリを利用して複数の画像の中から参照画像に類似する複数の候補画像を抽出する抽出手段と、

前記複数の候補画像を前記参照画像に合わせてそれぞれトランスフォーメーションするトランスフォーメーション手段と、

前記トランスフォーメーション済みの各候補画像について前記参照画像とのミューチャルインフォメーションをそれぞれ計算する計算手段と、

前記複数の候補画像のうち前記ミューチャルインフォメーションが最大となるものを選択する選択手段と、

を具備することを特徴とする画像処理装置。

【請求項6】 前記トランスフォーメーションは倍率合わせを含む、ことを特徴とする請求項5に記載の画像処理装置。

【請求項7】 前記トランスフォーメーションは重心合わせを含む、ことを特徴とする請求項5または請求項6に記載の画像処理装置。

【請求項8】 前記参照画像および前記候補画像はいずれも医用画像であることを特徴とする請求項5ないし請求項7のうちのいずれか1つに記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、画像処理方法および装置に関し、とくに、複数の画像の中から所定の条件に合致する画像を抽出する方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

医用画像は患者の病状の診断等に重用される。医用画像はそれを撮影する装置の種類に応じてそれぞれ独特の情報を持つので、診断の目的に応じて適宜の種類の撮影装置で撮影した医用画像が用いられる。

【0003】

多面的な情報に基づいてより的確な診断を行うために、X線CT (Computed Tomography) 装置、MRI (Magnetic Resonance Imaging) 装置、PET (Positron Emission Tomography) 装置あるいはSPECT (Single Photon Emission Computed Tomography) 装置等、種類の異なる複数の撮影装置で撮影した複数種類の医用画像が併用される。

【0004】

例えば、X線CT装置およびPET装置によって同一患者の同一部位をそれぞれ撮影し、脳実質の構造を示すX線CT装置の画像と脳の活動状態を示すPET装置の画像とを用いて、患部の構造および機能の両面から診断することが行われ

る。その際、構造と機能の同時把握を容易にするために、両画像を重ね合わせた合成画像が利用される。

【0005】

そのような合成画像を作成するために、2つの画像の位置合わせが行われる。位置合わせはレジストレーション (registration) とも呼ばれる。レジストレーションはコンピュータ (computer) によって行われる。

【0006】

レジストレーションには、例えば、文献W. M. Wells III et al., Multi-Modal Volume Registration by Maximization of Mutual Information, <http://splweb.bwh.harvard.edu:8000/pages/papers/swells/mia-html/mia.html> に記載の技法が用いられる。

【0007】

概説すれば、レジストレーションは、参照画像 $u(x)$ と候補画像 $v(x)$ について、両者のミューチャルインフォメーション (Mutual Information) を最大にするトランスフォーメーション (Transformation) を求めることによって行われる。すなわち、

【0008】

【数1】

$$\hat{T} = \arg \max_T I(u(x), v(T(x))) \quad (1)$$

【0009】

ここで、 T は、候補画像の座標系から参照画像の座標系へのトランスフォーメーションである。また、

【0010】

【数2】

$$I(u(x), v(T(x))) \quad (2)$$

【0011】

はミューチャルインフォメーションであり、

【0012】

【数3】

$$I(u(x), v(T(x))) \equiv h(u(x)) + h(v(T(x))) - h(u(x), v(T(x))) \quad (3)$$

【0013】

で与えられる。なお、 $h(\cdot)$ はエントロピー (entropy) であり、

【0014】

【数4】

$$h(x) \equiv - \int p(x) \ln p(x) dx \quad (4)$$

【0015】

【数5】

$$h(x, y) \equiv - \int p(x, y) \ln p(x, y) dx dy \quad (5)$$

【0016】

で与えられる。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】

上記の技法によるレジストレーションは、2つの画像が同一部分を撮影したものであることが予め判明している場合には有効であるが、そうでない場合は、たとえミューチャルインフォメーションが最大になるトランスフォーメーションが得られたとしても、意味のあるレジストレーションになるとは限らない。

【0018】

そこで、本発明の課題は、複数の候補画像の中から参照画像に最も近い画像を

抽出する方法および装置を実現することである。

【0019】

【発明の詳細な説明】

【0020】

【課題を解決するための手段】

(1) 上記の課題を解決するためのひとつの観点での発明は、グラニュロメトリを利用して複数の画像の中から参照画像に類似する複数の候補画像を抽出し、前記複数の候補画像を前記参照画像に合わせてそれぞれトランスフォーメーションし、前記トランスフォーメーション済みの各候補画像について前記参照画像とのミューチャルインフォメーションをそれぞれ計算し、前記複数の候補画像のうち前記ミューチャルインフォメーションが最大となるものを選択する、ことを特徴とする画像処理方法である。

【0021】

(2) 上記の課題を解決するための他の観点での発明は、グラニュロメトリを利用して複数の画像の中から参照画像に類似する複数の候補画像を抽出する抽出手段と、前記複数の候補画像を前記参照画像に合わせてそれぞれトランスフォーメーションするトランスフォーメーション手段と、前記トランスフォーメーション済みの各候補画像について前記参照画像とのミューチャルインフォメーションをそれぞれ計算する計算手段と、前記複数の候補画像のうち前記ミューチャルインフォメーションが最大となるものを選択する選択手段と、を具備することを特徴とする画像処理装置である。

【0022】

(1) および(2)に記載の各観点での発明では、グラニュロメトリを利用して複数の画像の中から参照画像に類似する複数の候補画像を抽出し、それら候補画像を参照画像に合わせてそれぞれトランスフォーメーションし、トランスフォーメーション済みの各候補画像について参照画像とのミューチャルインフォメーションをそれぞれ計算し、複数の候補画像のうちミューチャルインフォメーションが最大となるものを選択するので、複数の候補画像の中から参照画像に最も近い画像を抽出することができる。

【0023】

前記トランスフォーメーションは倍率合わせを含むことが、トランスフォーメーションを効果的に行う点で好ましい。

前記トランスフォーメーションは重心合わせを含むことが、トランスフォーメーションを効果的に行う点で好ましい。

【0024】

前記参照画像および前記候補画像はいずれも医用画像であることが、組み合わせ画像による診断を可能にする点で好ましい。

【0025】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、本発明は実施の形態に限定されるものではない。図1に画像処理装置のブロック(b10ck)図を示す。本装置は本発明の実施の形態の一例である。本装置の構成によって、本発明の装置に関する実施の形態の一例が示される。本装置の動作によって、本発明の方法に関する実施の形態の一例が示される。

【0026】

図1に示すように、本装置は、コンピュータ100を有する。コンピュータ100には処理すべき画像が入力される。コンピュータ100は記憶部102を有する。記憶部102は入力された画像を記憶する。また、コンピュータ100のための各種のデータ(data)やプログラム(program)等を記憶する。コンピュータ100が記憶部102に記憶されたプログラムを実行することにより、画像処理に関わる各種のデータ処理が行われる。

【0027】

コンピュータ100は、また、表示部104および操作部106を有する。表示部104は、コンピュータ100から出力される画像やその他の情報を表示する。操作部106は、使用者によって操作され、各種の指示や情報等をコンピュータ100に入力する。使用者は表示部104および操作部106を使用してインターラクティブ(interactive)に本装置を操作する。

【0028】

本装置の動作を説明する。図2に、本装置の動作のフロー(flow)図を示す。本装置の動作は、コンピュータ100が記憶部102に記憶されたプログラムを実行することにより遂行される。

【0029】

同図に示すように、ステップ(step)202で、参照画像読込が行われる。これによって、例えば図3の(a)に示すような画像Aを含む画像フレームが記憶部102に記憶される。画像Aは例えばPET装置で撮影した頭部断層像等である。画像Aは脳の機能を示す中間調画像である。

【0030】

次に、ステップ204で、入力画像読込が行われる。これによって、例えば図3の(b)に示すような画像Bを含む画像フレーム(frame)が記憶部102に記憶される。画像Bは例えばX線CT装置で撮影した頭部断層像等である。画像Bは脳実質の構造を示す中間調画像である。

【0031】

入力画像読込は、外部の画像ファイル(file)等に保存されている複数の画像について行われる。複数の画像は、それぞれ、例えば撮影のスライス位置等を異にするものである。

【0032】

次に、ステップ206で、入力画像から参照画像に類似する候補画像を抽出する。候補画像の抽出には、形態学的演算(morphological operation)の一種であるグラニュロメトリ(granulometry)が利用される。

【0033】

グラニュロメトリは、例えば文献Granulometry, mathematical morphology in statistical sense, <http://kuva.mis.hiroshima-u.ac.jp/~asano-Kougi/00a/Infstaat11/11-10.pdf>に記載されているように周知である。

【0034】

グラニュロメトリは参照画像および複数の入力画像にそれぞれ適用される。グラニュロメトリの結果から、参照画像および複数の入力画像についてそれぞれパターンスペクトラム (pattern spectrum) が求められる。そして、各入力画像のパターンスペクトラムについて、参照画像のパターンスペクトラムとの類似性の有無が調べられ、類似性を有するものが候補画像として抽出される。このようにパターンスペクトラムが類似するものだけを予め抽出することにより、この後の画像処理を効率化することができる。

【0035】

次に、ステップ208で、候補画像のトランスフォーメーションが行われる。トランスフォーメーションは、候補画像の座標系から参照画像の座標系への幾何学的変換である。これには倍率合わせと重心合わせが含まれる。

【0036】

倍率合わせは候補画像の大きさを参照画像と同じにする処理であり、次のようにして行われる。まず、参照画像および候補画像について2値化が行われる。2値化は、参照画像については画像Aを含む画像フレーム中のすべての画素について、所定の閾値以上の画素値を1とし、閾値未満の画素値を0とする処理である。また、候補画像については画像Bを含む画像フレーム中のすべての画素について、所定の閾値以上の画素値を1とし、閾値未満の画素値を0とする処理である。

【0037】

これによって、例えば図4の(a), (b)に示すような画像フレームがそれぞれ得られる。これらの画像フレームにおいては、画像a, bの画素値がすべて1となり、それ以外の部分の画素値はすべて0となる。

【0038】

一般的に、画像のモーメント (moment) が

【0039】

【数6】

$$M(p, q) = \sum_{(i, j) \in S} i^p j^q \quad (6)$$

【0040】

で与えられるとき、画像 b の大きさを画像 a に合わせる倍率は次式で与えられる。

【0041】

【数7】

$$k = \frac{M(0, 0)_a}{M(0, 0)_b} \quad (7)$$

【0042】

ここで、 $M(0, 0)$ は 0 次のモーメントである。このような倍率 k が複数の候補画像についてそれぞれ求められる。それらの倍率 k を各候補画像に適用することにより、いずれの候補画像も参照画像と同じ大きさにすることができる。

【0043】

重心合わせを行うために、画像フレームにおける画像 a および画像 b の重心の位置がそれぞれ求められる。重心の座標 (m, n) は次式で与えられる。

【0044】

【数8】

$$m = M(1, 0) / M(0, 0) \quad (8)$$

【0045】

【数9】

$$n = M(0, 1) / M(0, 0) \quad (9)$$

【0046】

ここで、 $M(1, 0)$ および $M(0, 1)$ はいずれも 1 次のモーメントである。

これらの式を図 4 (a), (b) の画像フレームに適用することにより、図 5 の (a), (b) に示すように、画像 a, b の重心 a_0, b_0 の座標がそれぞれ求まる。これら重心は画像 a, b の重心であるとともに画像 A, B の重心でもある。

【0047】

画像A, Bの重心 a_0, b_0 の座標が、例えば図6に示すように、それぞれ (i_0, j_0) および (i'_0, j'_0) として求まったとすると、重心位置の補正量は次式で与えられる。

【0048】

【数10】

$$\Delta i = i_0 - i'_0 \quad (10)$$

【0049】

【数11】

$$\Delta j = j_0 - j'_0 \quad (11)$$

【0050】

ここで、 Δi はI軸方向の重心位置補正量を表し、 Δj はJ軸方向の重心位置補正量を表す。このような重心位置補正量が複数の候補画像についてそれぞれ求められる。

【0051】

上記のような、候補画像ごとの倍率 k および重心位置補正量 $(\Delta i, \Delta j)$ を当該の候補画像に適用することにより、複数の候補画像はいずれも参照画像と同じ座標系の画像となる。すなわちトランسفォーメーションが行われる。トランسفォーメーションが行われた状態を図7に模式的に示す。

【0052】

次に、ステップ210で、各候補画像について参照画像とのミューチャルインフォメーションを計算する。この計算に用いられる各候補画像はトランسفォーメーション済みのものである。

【0053】

ミューチャルインフォメーションを計算するために、参照画像のエントロピー $h(a)$ が求められる。また、各候補画像について、そのエントロピー $h(b)$ および参照画像とのジョイントエントロピー $h(a, b)$ が求められる。そして

、それらエントロピーを用いて、ミューチャルインフォメーションが次式によつて計算される。

【0054】

【数12】

$$MI(a, b) = h(a) + h(b) - h(a, b) \quad (12)$$

【0055】

ミューチャルインフォメーションは、複数の候補画像のそれぞれについて求まる。複数の候補画像はトランスフォーメーションされているので、いずれも、参照画像に対して同一の幾何学的条件でミューチャルインフォメーションが求められる。

【0056】

ミューチャルインフォメーションの大小は、参照画像に対する候補画像の近似の程度を表す。複数の候補画像は参照画像に対する幾何学的条件がすべて同一なので、ミューチャルインフォメーションの大小は正確に参照画像に対する候補画像の近似度を表す。したがって、ミューチャルインフォメーションが最大となる候補画像は参照画像に最も近い画像となる。

【0057】

次に、ステップ212で、ミューチャルインフォメーションが最大となる候補画像を選択する。これによって、候補画像のうち参照画像に最も近い画像が得られる。この画像は参照画像と同じ断面を撮影した画像である可能性が最も高い。抽出された候補画像はすでにトランスフォーメーションされているので、自ずからレジストレーションも完了する。

【0058】

入力画像の中には参照画像と同じ断面を撮影した画像が含まれているのが普通であるから、以上の処理によって、該当する画像が自動的に抽出され、かつ、レジストレーションが完成する。

【0059】

図8に、以上のような動作を行う本装置の機能ブロック図を示す。同図に示す

ように、本装置は、候補抽出部302、トランスフォーメーション部304、ミューチャルインフォメーション計算部306および画像選択部308を有する。

【0060】

候補抽出部302は、複数の入力画像の中から参照画像に類似する候補画像を抽出する。この機能ブロックはステップ206における処理に相当する。候補抽出部302は、本発明における抽出手段の実施の形態の一例である。

【0061】

トランスフォーメーション部304は、各候補画像のトランスフォーメーションを行う。この機能ブロックはステップ208における処理に相当する。トランスフォーメーション部304は、本発明におけるトランスフォーメーション手段の実施の形態の一例である。

【0062】

ミューチャルインフォメーション計算部306は、候補画像ごとに参照画像とのミューチャルインフォメーションを計算する。この機能ブロックはステップ210における処理に相当する。ミューチャルインフォメーション計算部306は、本発明における計算手段の実施の形態の一例である。

【0063】

画像選択部308は、ミューチャルインフォメーションが最大となる候補画像を選択する。この機能ブロックはステップ212における処理に相当する。画像選択部308は、本発明における画像選択手段の実施の形態の一例である。

【0064】

以上は、PET装置で撮影した画像に最も近い画像をX線CT装置で撮影した複数の画像の中から抽出する例であるが、X線CT装置やPET装置に限らずその他の撮影装置で撮影した医用画像についても、同様にして互いに最も近い画像を抽出することができる。また、2次元画像ばかりでなく3次元画像についても適用可能である。また、画像は医用画像に限らないのはいうまでもない。

【0065】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、複数の候補画像の中から参照画

像に最も近い画像を抽出する方法および装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態の一例の装置のブロック図である。

【図2】

本発明の実施の形態の一例の装置の動作のフロー図である。

【図3】

画像フレームの概念図である。

【図4】

画像フレームの概念図である。

【図5】

画像フレームの概念図である。

【図6】

画像の重心の座標を示す図である。

【図7】

画像フレームの概念図である。

【図8】

本発明の実施の形態の一例の装置の機能ブロック図である。

【符号の説明】

100 コンピュータ

102 記憶部

104 表示部

106 操作部

302 候補抽出部

304 トランスマッパー・マニピュレーター

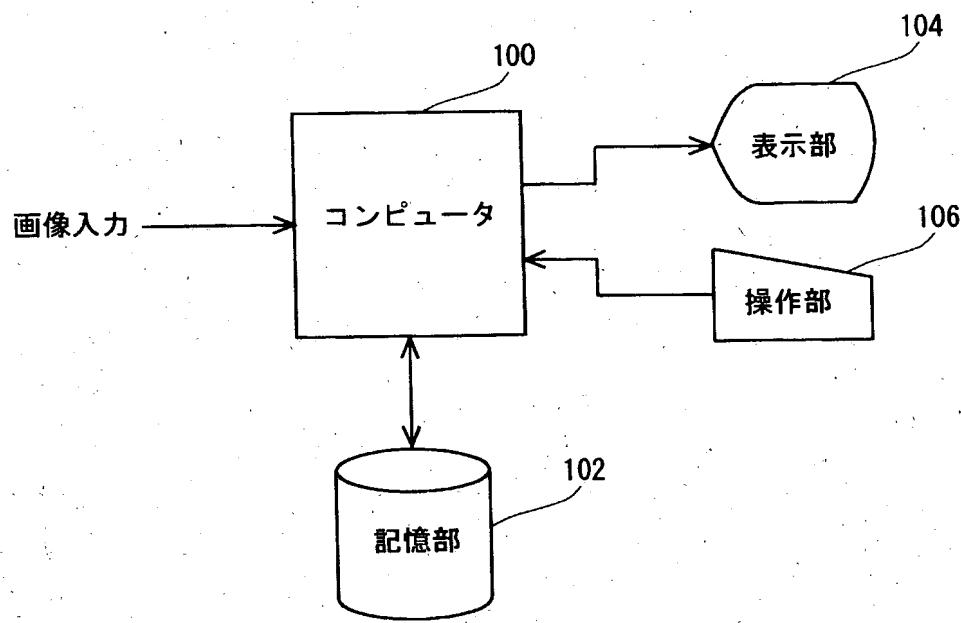
306 ミューチャルインフォメーション計算部

308 画像選択部

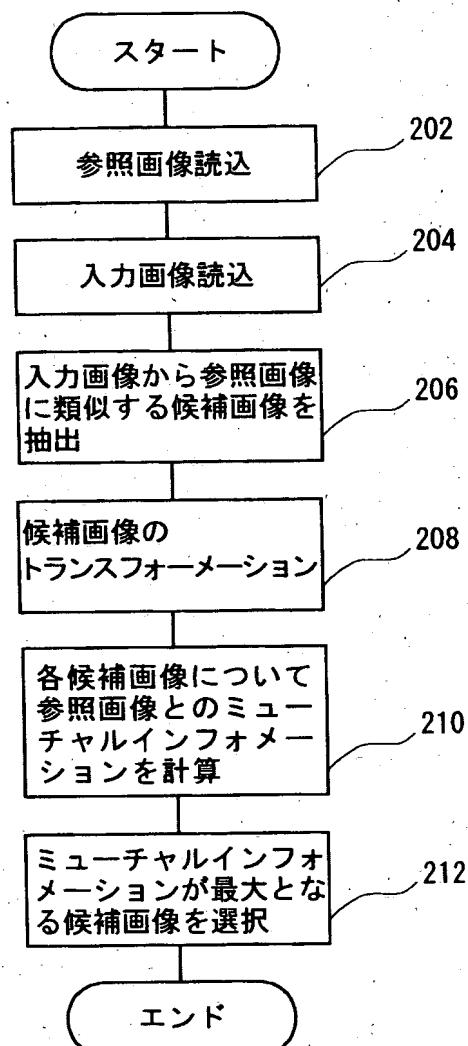
【書類名】

図面

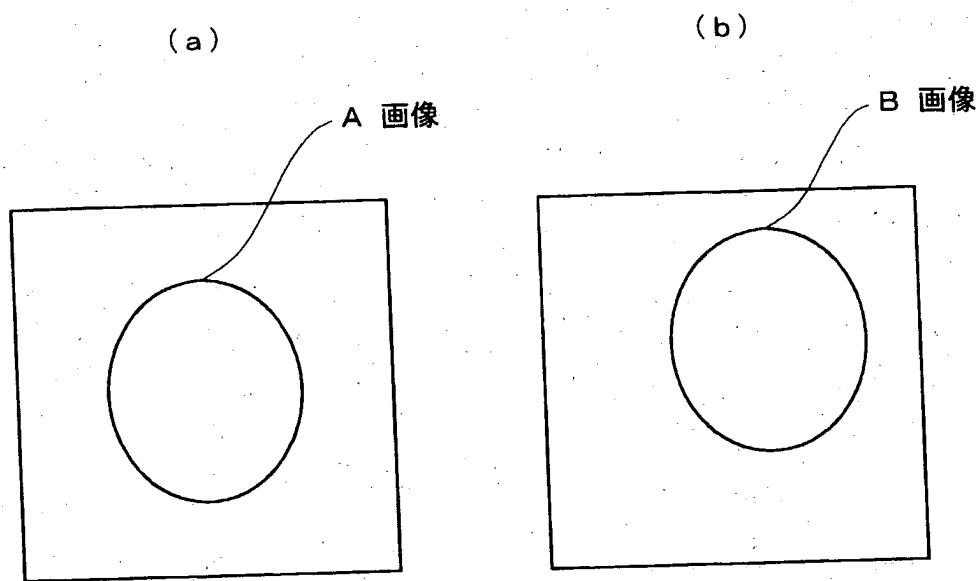
【図1】



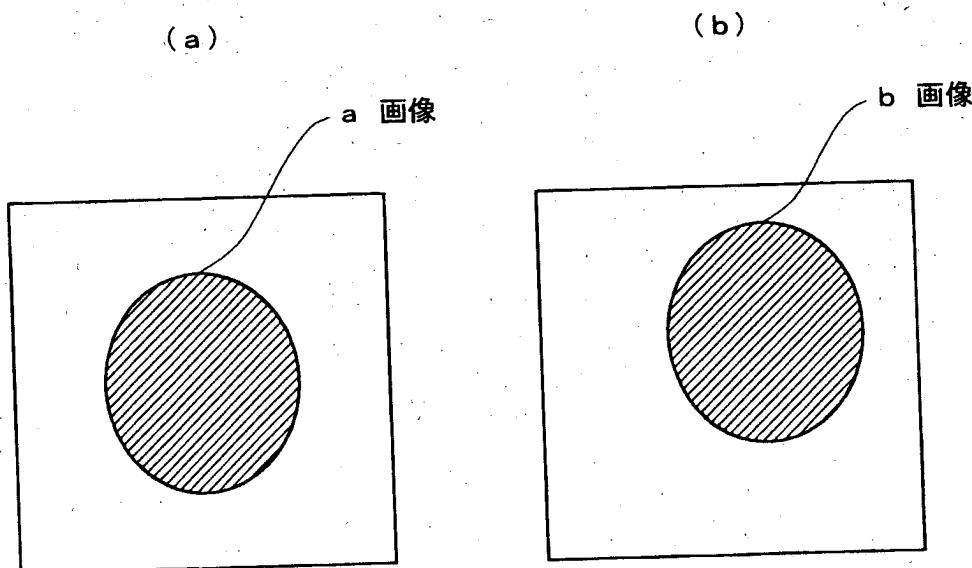
【図2】



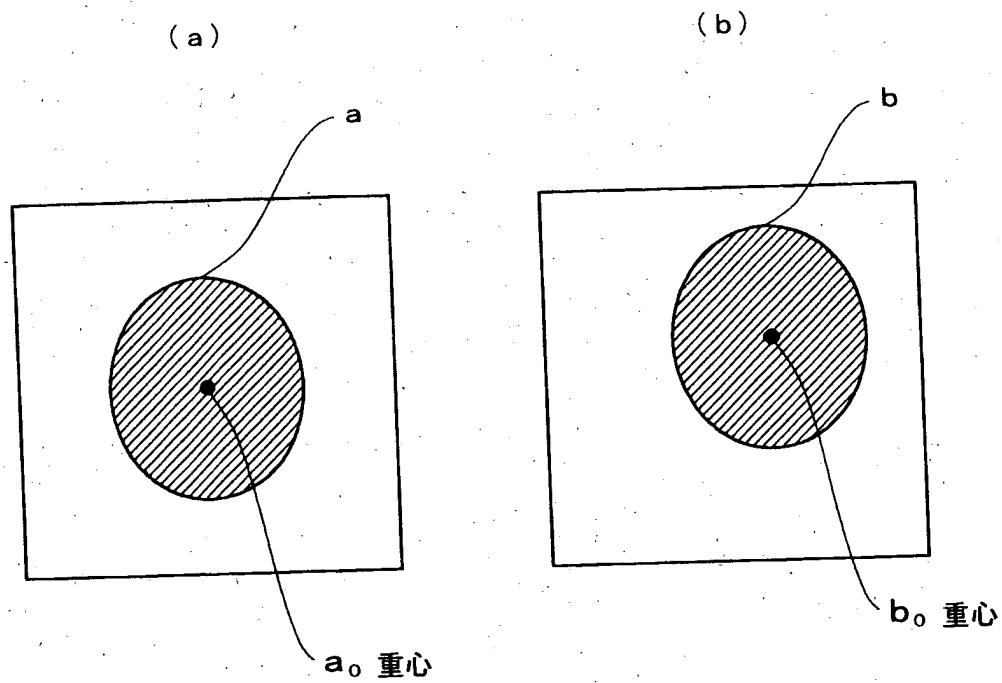
【図3】



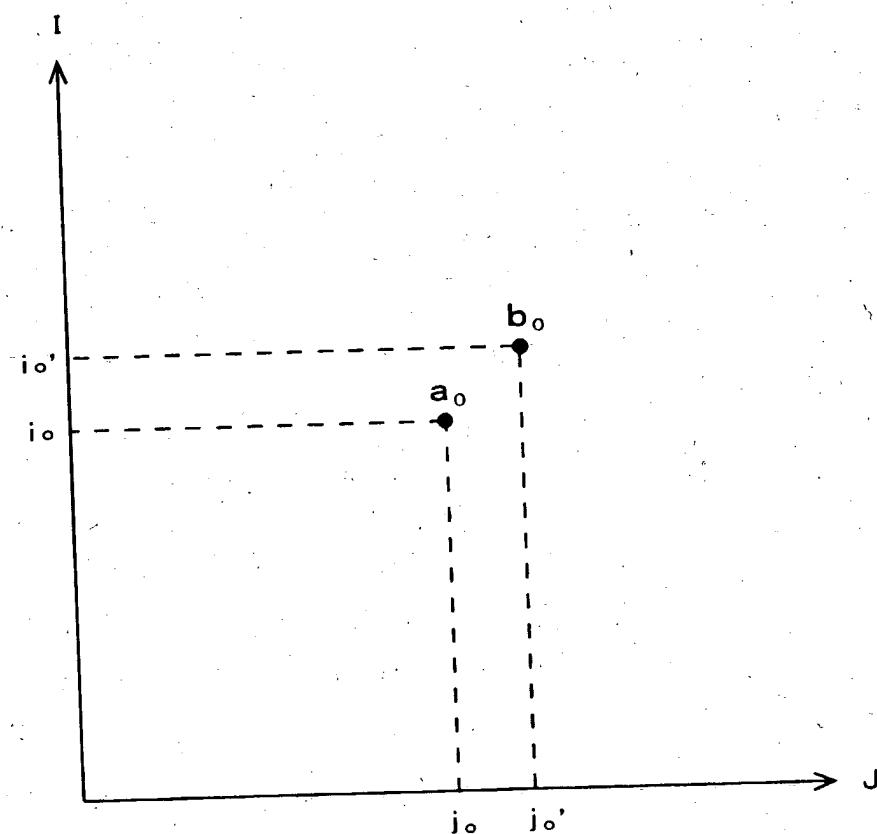
【図4】



【図5】

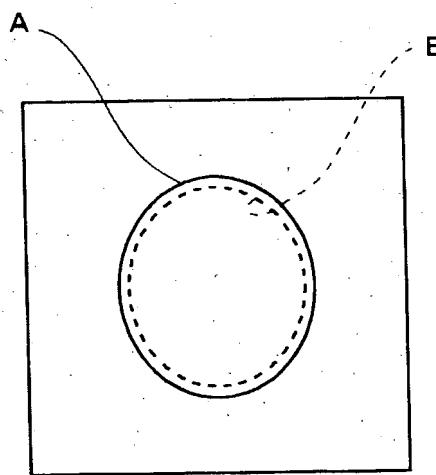


【図6】

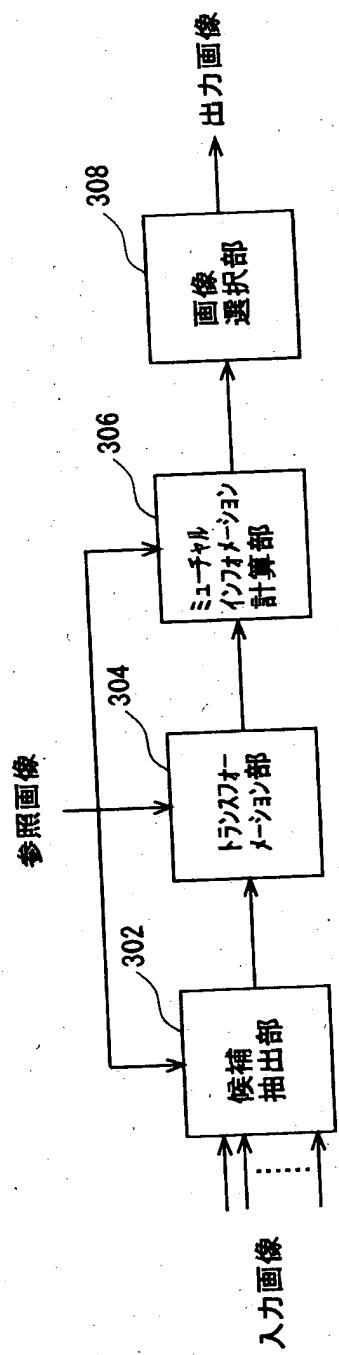


特2002-198645

【図7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の候補画像の中から参照画像に最も近い画像を抽出する方法および装置を実現する。

【解決手段】 グラニュロメトリを利用して複数の画像の中から参照画像に類似する複数の候補画像を抽出し(206)、複数の候補画像を参照画像に合わせてトランスフォーメーションし(208)、トランスフォーメーション済みの各候補画像について参照画像とのミューチャルインフォメーションを計算し(210)、複数の候補画像のうちミューチャルインフォメーションが最大となるものを選択する(212)。

【選択図】 図2

認定・付加情報

特許出願の番号 特願2002-198645
 受付番号 50200996457
 書類名 特許願
 担当官 佐々木 吉正 2424
 作成日 平成14年 7月10日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】 300019238
 【住所又は居所】 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188
 ・ワウケシャ・ノース・グランドビュー・ブル
 バード・ダブリュー・710・3000
 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル
 ・テクノロジー・カンパニー・エルエルシー

【代理人】

【識別番号】 100085187
 【住所又は居所】 東京都日野市多摩平2丁目3番1号 ラ・ポルト
 ビル3階 井島・鮫島特許事務所
 井島 藤治

【氏名又は名称】

【選任した代理人】

【識別番号】 100090424
 【住所又は居所】 東京都日野市多摩平2丁目3番1号 ラ・ポルト
 ビル3階 井島・鮫島特許事務所
 鮫島 信重

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [300019238]

1. 変更年月日 2000年 3月15日

[変更理由] 名称変更

住 所 アメリカ合衆国・ウィスコンシン州・53188・ワウケシャ
・ノース・グランドビュー・ブルバード・ダブリュー・71
0・3000

氏 名 ジーイー・メディカル・システムズ・グローバル・テクノロジ
ー・カンパニー・エルエルシー